

Н. В. Мерзликина  
В. С. Секацкий  
В. А. Титов

## ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ И НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ

учебное пособие

политехнический институт



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

Министерство образования и науки Российской Федерации

Сибирский федеральный университет

**Н. В. Мерзликина, В. С. Секацкий, В. А. Титов**

## **ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ И НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ**

Рекомендовано Сибирским региональным учебно-методическим центром высшего профессионального образования для межвузовского использования в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров 221700.62 «Стандартизация и метрология» и 221400.62 «Управление качеством» 5 июля 2010 г.

Красноярск  
СФУ  
2011

УДК 006.01(075)  
ББК 30.104я73  
М52

Р е ц е н з е н т ы: А. В. Гехман, канд. техн. наук зам. директора  
ФГУ «Красноярский ЦСМ»; В. А. Меновщиков, д-р техн. наук, проф. зав.  
каф. деталей машин и технологии металлов Краснояр. гос. аграр. ун-та

**Мерзликина, Н. В.**

М52      Взаимозаменяемость и нормирование точности : учеб. посо-  
бие / Н. В. Мерзликина, В. С. Секацкий, В. А. Титов. – Красноярск :  
Сибирский федеральный университет, 2011. – 192 с.  
ISBN 978-5-7638-2051-5

Приведены основные положения взаимозаменяемости. Подробно рас-  
смотрена Единая система допусков и посадок на гладкие цилиндрические со-  
единения, методы решения размерных цепей и допуски и посадки типовых ви-  
дов соединений.

Предназначено для бакалавров всех форм обучения, обучающихся по на-  
правлению подготовки 221400 «Управление качеством» специальности 221700.62  
«Стандартизация и метрология», а также для преподавателей, аспирантов и  
студентов других специальностей, занимающихся изучением вопросов, связан-  
ных с нормированием точности деталей машин и механизмов.

**УДК 006.01((075))  
ББК 30.104я73**

ISBN 978-5-7638-2051-5

© Сибирский федеральный  
университет, 2011

## ВВЕДЕНИЕ

Переход России к рыночной экономике определил условия для деятельности отечественных предприятий. Рост машиностроения может быть осуществлен за счет интенсификации производства на основе широкого использования достижений науки и техники, применения прогрессивных и новейших технологий, создания новой техники высокой точности, достоверности и единства измерений.

В современной рыночной экономике конкурентоспособность выпускаемой предприятием продукции определяет жизнеспособность данного предприятия. Одним из главных факторов, влияющих на конкурентоспособность продукции, работ и услуг, является их качество. Взаимозаменяемость является одним из инструментов обеспечения качества.

Проблема качества является важнейшим фактором повышения уровня жизни, экономической, социальной и экологической безопасности. Качество – комплексное понятие, характеризующее эффективность всех сторон деятельности: разработка стратегии, организация производства, маркетинг и др. Важнейшей составляющей всей системы качества является качество продукции.

При разработке, производстве, эксплуатации и ремонте важно соблюдать принцип взаимозаменяемости, обеспечивающий замену деталей, сборочных единиц и изделий с заданным качеством изделия.

В машино- и приборостроении широко используют стандартные нормативно-технические документы, стандартные детали, а также комплектующие изделия, изготовленные на специализированных предприятиях, поэтому взаимозаменяемость базируется на стандартизации и способствует ее развитию.

Одним из основных условий осуществления взаимозаменяемости является точность деталей, узлов и комплектующих изделий по геометрическим параметрам, к которым относятся: точность размеров или нормированные допуски; характер соединения деталей при сборке (посадка); точность формы и расположения поверхностей; шероховатость и волнистость поверхностей.

В учебном пособии рассмотрены основные положения взаимозаменяемости, подробно изложен материал по нормированию точности гладких цилиндрических сопряжений, подшипников качения, допусков формы и расположения поверхностей, типовых соединений деталей. Приведены методики решения размерных цепей.

Целью настоящего учебного пособия является помощь студентам и специалистам в освоении теоретических основ взаимозаменяемости и развития навыков в нормировании точности деталей машин и механизмов.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ В ОБЛАСТИ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ.....	4
1.1. Краткие сведения из истории взаимозаменяемости.....	4
1.2. Определение и виды взаимозаменяемости.....	6
1.3. Классификация отклонений геометрических параметров.....	8
1.4. Понятие точности и погрешности.....	10
2. ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.....	13
2.1. Размеры и отклонения.....	13
2.1.1. Номинальные и действительные размеры .....	13
2.1.2. Предельные размеры .....	16
2.1.3. Предельные отклонения .....	18
2.1.4. Понятие допуска и поля допуска .....	19
2.2. Соединения и посадки.....	21
2.2.1. Виды соединений и посадок .....	21
2.2.2. Посадки с зазором .....	23
2.2.3. Посадки с натягом .....	25
2.2.4. Переходные посадки .....	26
2.2.5. Системы образования посадок .....	27
3. ЕДИНАЯ СИСТЕМА ДОПУСКОВ И ПОСАДОК.....	31
3.1. Значение единой системы допусков и посадок.....	31
3.2. Основные принципы построения единой системы допусков и посадок.....	31
3.2.1. Температурный режим .....	32
3.2.2. Квалитеты точности .....	32
3.2.3. Единица допуска .....	34
3.2.4. Интервалы размеров .....	35
3.2.5. Основные отклонения .....	36
3.2.6. Образование полей допусков .....	38
3.2.7. Система отверстия и система вала с тремя видами посадок.....	39
3.3. Обозначение полей допусков, предельных отклонений и посадок на чертежах.....	41
3.4. Предельные отклонения линейных и угловых размеров с неуказанными допусками.....	42
4. ВЫБОР И РАСЧЕТ ПОСАДОК.....	46
4.1. Выбор посадок.....	46
4.2. Расчет посадок с зазором.....	48
4.3. Переходные посадки.....	53

4.4. Посадки с натягом.....	54
5. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ...	60
5.1. Классы точности подшипников качения.....	61
5.2. Допуски и посадки подшипников качения.....	62
5.3. Выбор посадок подшипников качения .....	64
5.4. Отклонения формы и шероховатость посадочных поверхностей под подшипники качения.....	68
6. РАЗМЕРНЫЕ ЦЕПИ.....	70
6.1. Классификация размерных цепей. Основные термины и определения.....	70
6.2. Задачи, решаемые с помощью размерных цепей.....	73
6.3. Методы расчета размерных цепей.....	73
6.4. Метод расчета размерных цепей, обеспечивающий полную взаимозаменяемость.....	74
6.4.1. Обратная задача .....	74
6.4.2. Прямая задача .....	79
6.5. Теоретико-вероятностный метод расчета размерных цепей.....	81
6.6. Метод групповой взаимозаменяемости. Селективная сборка..	84
6.7. Метод регулирования и пригонки .....	87
7. ДОПУСКИ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ...	91
7.1. Влияние отклонений формы и расположения поверхностей на качество изделий.....	91
7.2. Отклонения и допуски формы.....	93
7.2.1. Отклонения формы цилиндрических поверхностей.....	94
7.2.2. Отклонения формы плоских поверхностей.....	95
7.3. Отклонения расположения поверхностей.....	96
7.4. Суммарные отклонения и допуски формы и расположения поверхностей.....	99
7.5. Зависимые и независимые допуски расположения.....	101
7.6. Правила определения баз.....	102
7.7. Обозначение допусков формы и расположения поверхностей на чертежах.....	102
7.8. Обозначение баз.....	107
8. ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ.....	110
8.1. Шероховатость поверхности и ее влияние на работу деталей машин.....	110
8.2. Параметры шероховатости.....	112
8.3. Нормирование параметров шероховатости поверхности.....	115
8.4. Обозначение шероховатости на чертежах.....	116
9. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ УГЛОВЫХ РАЗМЕРОВ И КОНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.....	120
9.1. Допуски угловых размеров.....	120

9.2. Системы допусков и посадок для конических соединений.....	121
10. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....	125
Основные параметры соединений с призматическими шпонками.....	125
11. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....	130
11.1. Соединение шлицевые прямобоочные.....	131
11.2. Шлицевые эвольвентные соединения.....	135
12. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ	139
12.1. Классификация резьб и эксплуатационные требования к резьбовым соединениям.....	139
12.2. Основные параметры резьбового соединения.....	140
12.3. Общие принципы обеспечения взаимозаменяемости цилиндрических резьб.....	142
12.3.1. Предельные контуры резьбы .....	142
12.3.2. Погрешности шага и угла профиля резьбы и их диаметральной компенсация .....	143
12.3.3. Приведенный средний диаметр резьбы .....	146
12.3.4. Суммарный допуск среднего диаметра резьбы .....	147
12.4. Система допусков и посадок метрических резьб.....	148
12.4.1. Посадки с зазором .....	148
12.4.2. Посадки с натягом .....	154
12.4.3. Переходные посадки .....	157
12.5. Стандартные резьбы общего и специального назначения....	157
13. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ПЕРЕДАЧ	160
13.1. Основные эксплуатационные и точностные требования к зубчатым передачам.....	160
13.2. Система допусков для цилиндрических зубчатых передач....	161
13.2.1. Кинематическая точность передачи .....	162
13.2.2. Плавность работы передачи .....	167
13.2.3. Контакт зубьев в передаче .....	172
13.2.4. Виды сопряжений зубьев колес в передаче .....	175
13.2.5. Обозначение точности колес и передач .....	179
13.2.6. Выбор степени точности и контролируемых параметров зубчатых передач .....	180
13.3. Допуски зубчатых конических и гипоидных передач .....	182
13.4. Допуски червячных цилиндрических передач .....	183
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	186
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	187